

Ref. 1 of 2

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-184016  
 (43)Date of publication of application : 06.07.2001

(51)Int.CI.  
 G09G 3/20  
 G09G 3/36  
 H04N 5/202  
 H04N 5/66

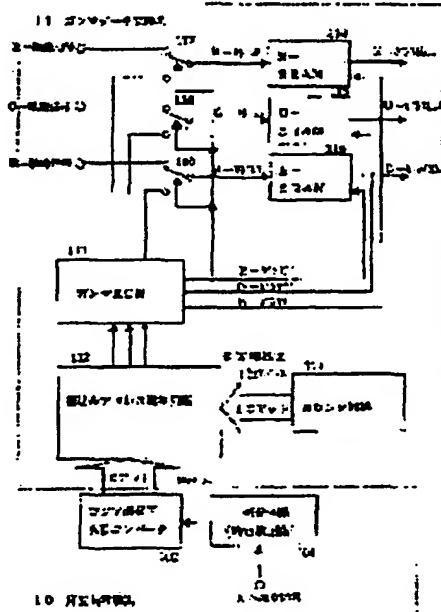
(21)Application number : 11-369302 (71)Applicant : SHARP CORP  
 (22)Date of filing : 27.12.1999 (72)Inventor : FUKUDA SHUSUKE  
 SAKAI YOSHIHARU  
 INOKO KAZUHIRO

## (54) GAMMA CORRECTION DEVICE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To solve the problem that, in the conventional gamma correction device, a ROM is used for a gamma table, the dot rate deciding the resolution of a picture is limited by the readout time of the ROM thereby making the device unsuitable for a high-definition display in which high speed is needed and to solve the problem that the fluctuation of brightness of the screen is generated when gamma data are changed over and appears as the flicker of the screen thereby making the screen hard to see.

**SOLUTION:** This gamma correction device is provided with a luminance signal detecting means for temporally integrating the luminance signal level of an input video signal, a gamma correction data storage means for outputting gamma correction data on the basis of an output signal from the luminance signal detecting means and a table for gamma correction which is constituted of a storage means operating at a speed higher than that of the gamma correction data storage means.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 01.02.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 06.01.2005

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C) 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(18)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-184016

(P2001-184016A)

(43)公開日 平成13年7月6日(2001.7.6)

(51)Int.Cl.

G 09 G 3/20  
3/36  
H 04 N 5/202  
5/66

識別記号

6 4 1

F I

G 09 G 3/20  
3/36  
H 04 N 5/202  
5/66

マークコード(参考)

6 4 1 Q 5 C 0 0 6  
5 C 0 2 1  
5 C 0 5 8  
A 5 C 0 8 0

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全7頁)

(21)出願番号

特願平11-369302

(22)出願日

平成11年12月27日(1999.12.27)

(71)出願人

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者

福田 秀典

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72)発明者

堺 芳晴

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74)代理人

100103296

弁理士 小池 隆彌

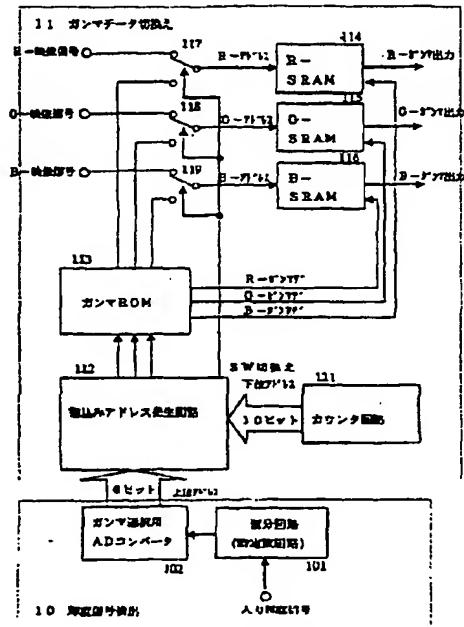
最終頁に続く

(54)【発明の名稱】 ガンマ補正装置

(57)【要約】

【課題】 従来、ガンマテーブルにROMを用いているために、映像の解像度を決めるドットレートは、ROMの読み出し時間によって制限され、高速度を要求される高精細な表示を必要とするディスプレイには不向きである。また、ガンマデータが切換る際に発生する、画面の明るさの変動は画面ちらつきとなって現れ、非常にみづらしい画面となる。

【解決手段】 入力映像信号の輝度信号レベルを時間的に積分する輝度信号検出手段と、輝度信号検出手段からの出力信号に基づいてガンマ補正データを出力するガンマ補正データ記憶手段と、ガンマ補正データ記憶手段より高速に動作する記憶手段により構成されたガンマ補正用テーブルとを有する構成とした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力映像信号の輝度信号レベルを時間的に積分する輝度信号検出手段と、

複数のガンマ補正データが記憶され、前記輝度信号検出手段からの出力信号に基づいてガンマ補正データを出力するガンマ補正データ記憶手段と、

前記ガンマ補正データ記憶手段からの出力信号に基づいて、入力映像信号のガンマ補正を行うガンマ補正用テーブルと、

より構成され、前記ガンマ補正用テーブルは、前記ガンマ補正データ記憶手段より高速に動作する記憶手段により構成されていることを特徴とするガンマ補正装置。

【請求項2】 前記輝度信号検出手段での輝度信号レベルを積分する時間は、少なくとも0.3秒以上としたことを特徴とする請求項1に記載のガンマ補正装置。

【請求項3】 前記ガンマ補正データ記憶手段に記憶されるガンマ補正データは、

当該ガンマ補正装置に接続されるディスプレイ固有の印加電圧対出力輝度の特性を白レベル電圧と黒レベル電圧の間で正規化したデータの逆関数を基本ガンマデータとし、該基本ガンマデータを( $VTG_x$ ,  $VTG_y$ )とした場合、

$VTG_x$ を $1/n$ 乗し、

更に、該 $1/n$ 乗された $VTG_x$ を $VTG_{Nx}$ とし、画面全体に白い映像が表示されたとき黒側を濁す割合をBとした場合、

$VTG_{Nx} \cdot (1 - B/100) + B/100$

なる演算により得られることを特徴とする請求項1または請求項2に記載のガンマ補正装置。

【請求項4】 前記ガンマ補正データ記憶手段に記憶されるガンマ補正データは、

標準グレースケール信号に対応するガンマ補正データを標準ガンマとし、暗い画面時に選択されるガンマ補正データを暗ガンマとし、明るい画面に選択されるガンマ補正データを明ガンマとした場合、

暗ガンマから標準ガンマまでは前記係数nを連続的に変化させ、標準ガンマから明ガンマまでは前記係数nと、係数Bを同時に変化させて得られることを特徴とする請求項3に記載のガンマ補正装置。

【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、映像表示装置に関し、たとえば、液晶ディスプレイのような画像表示装置における入出力の特性を補正するガンマ補正回路に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 たとえば液晶ディスプレイのような映像表示装置において、デバイスの入出力の非直線特性と映像の階調を適正に再現するためのガンマ補正回路に関し、以下のような従来例がある。

10

【0003】 たとえば特開平7-38778号公報によれば、映像入力信号の所定期間の平均輝度レベルをADコンバータによりmビットの選択データとし、ガンマ補正ROMに入力され、一方入力輝度信号はADコンバータによりnビットの映像デジタルデータに変換されガンマ補正ROMに入力される。入力された輝度信号は、その平均値にしたがったガンマデータにより補正され出力される。

20

【0004】 これは平均値が低い場合(画像が暗い場合)は、入力信号の低いレベルを持ち上げて出力し、平均値が高い場合は(画像が明るい場合)は、入力信号の高いレベルを再現性良く出力し、結果として画像が暗い部分も明るい部分も階調再現性を向上するという発明である。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上述の発明においては、ガンマテーブルにROMを用いているために、映像の解像度を決めるドットレートは、ROMの読み出し時間によって制限され、高速度を要求される高精細な表示を必要とするディスプレイには不向きである。また、ガンマデータが切換る際に発生する、画面の明るさの変動は画面ちらつきとなって現れ、非常にみづらい画面となる。また、暗い画面から、明るい画面へ移行していく際にどのようなガンマデータとすれば良いのかは言及されておらず、上記発明に示されるようなガンマカーブの作成も非常に困難であるという問題を有している。

30

【0006】 本発明は、そのような状況に鑑みてなされたもので、高精細なディスプレイにも対応でき、なおかつ入力信号によるガンマデータの切り替え時にも、そのちらつきを軽減し、なおかつ最適なガンマデータを作成する手段を提供するものである。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明は上記課題を解決するため以下のよう手段を講じた。

40

【0008】 即ち、第1の手段によるガンマ補正装置は、入力映像信号の輝度信号レベルを時間的に積分する輝度信号検出手段と、複数のガンマ補正データが記憶され、前記輝度信号検出手段からの出力信号に基づいてガンマ補正データを出力するガンマ補正データ記憶手段と、前記ガンマ補正データ記憶手段からの出力信号に基づいて、入力映像信号のガンマ補正を行うガンマ補正用テーブルと、より構成され、前記ガンマ補正用テーブルは、前記ガンマ補正データ記憶手段より高速に動作する記憶手段により構成されている。

50

【0009】 また、第2の手段によるガンマ補正装置は、前記第1の手段によるガンマ補正装置において、前記輝度信号検出手段での輝度信号レベルを積分する時間を、少なくとも0.3秒以上とした。

【0010】 また、第3の手段によるガンマ補正装置

3

は、前記第1及び第2の手段によるガンマ補正装置において、前記ガンマ補正データ記憶手段に記憶されるガンマ補正データを、当該ガンマ補正装置に接続されるディスプレイ固有の印加電圧対出力輝度の特性を白レベル電圧と黒レベル電圧の間で正規化したデータの逆関数を基本ガンマデータとし、該基本ガンマデータを( $VTG_x$ 、 $VTG_y$ )とした場合、 $VTG_x$ を $1/n$ 乗し、更に、該 $1/n$ 乗された $VTG_x$ を $VTG_{Nx}$ とし、画面全体に白い映像が表示されたとき黒側を潰す割合をBとした場合、 $VTG_{Nx} \cdot (1 - B/100) + B/100$ なる演算により得られるようにした。

【0011】更に、第4の手段によるガンマ補正装置は、前記第3の手段によるガンマ補正装置において、前記ガンマ補正データ記憶手段に記憶されるガンマ補正データを、標準グレースケール信号に対応するガンマ補正データを標準ガンマとし、暗い画面の時に選択されるガンマ補正データを暗ガンマとし、明るい画面に選択されるガンマ補正データを明ガンマとした場合、暗ガンマから標準ガンマまでは前記係数nを連続的に変化させ、標準ガンマから明ガンマまでは前記係数nと、係数Bを同時に変化させて得られるようにした。

【0012】

【発明の実施の形態】まず、本発明の概要を説明する。

【0013】本名発明では、入力輝度信号よりそのレベルを検知しガンマデータの切り替え信号とするために輝度信号を時定数回路を含んだ積分回路を介し、ADコンバータに入力し、ガンマデータ切換え用のアドレスとする。

【0014】この時、輝度信号の検出を時定数回路である程度長い時間で検出することにより、画面の急激な明るさ変化に対し緩やかな輝度変化検出となる様な手段を用いた。これによりガンマデータが切換る際の画面の明るさ変化、ちらつきを押さえることが出来た。

【0015】さらに、連続したガンマデータはROMに書き込み、実際の映像に対応するガンマテーブルは、SRAMを用いた。これにより高速性が要求される高精細な表示にも対応可能となった。

【0016】又、ガンマデータは以下の手順によって作成される。

【0017】液晶ディスプレイであってもCRTであっても、まずそのディスプレイ固有の印加電圧—出力輝度の特性(VT特性)を測定する必要がある。

【0018】デバイスに白電圧—黒電圧間で等間隔に電圧を印加しながら出力輝度特性を測定する。

【0019】このデータを白電圧—黒電圧間で正規化を行い、横軸(入力)縦軸(出力)ともに黒が0～白が1の単調増加な正規化VT特性データを作る。

【0020】正規化VT特性の逆関数がこのディスプレイの基本ガンマであり、VT特性を補正する。

【0021】正規化VT特性データの横軸データをVT

10

20

30

40

50

4

X、縦軸データをVTYとするととき、基本ガンマデータ $VTG_x$ (入力)、 $VTG_y$ (出力)は  
 $VTG_x \leftarrow VTY$   
 $VTG_y \leftarrow VTX$  (式1)  
 によって表される。

【0022】前記基本ガンマ補正を用いると出力輝度変化は入力信号に対してリニアな変化をする。しかし、リニアな輝度出力特性のとき一般に映像は白けたイメージとなり、コントラスト感が低下した画像となる。

【0023】この出力輝度変化を下に凸にすることで画面全体が引き締まりコントラスト感がアップするため、出力輝度がn乗のカーブを持つようにガンマデータの補正を行う。これを以後n乗補正と呼ぶ事とし、これを実現する為にはガンマカーブの入力側を $1/n$ 乗にする。よってn乗補正を含めたガンマデータ $VTG_N$ は  
 $VTG_{Nx} \leftarrow (VTG_x)^{1/n}$   
 $VTG_{Ny} \leftarrow VTY$  (式2)  
 となる。

【0024】また、画面全体に白い映像が表示されたとき黒側を潰す事で映像のコントラスト感を上げる事ができる。これを黒カット補正と呼ぶ事とし、B%の黒カット補正是式3に従う。黒カットを含めた最終ガンマデータGAMは、

$GAM_x \leftarrow VTG_{Nx} \cdot (1 - B/100) + B/100$   
 $GAM_y \leftarrow VTG_{Ny}$  (式3)

以上のようにして作成されたガンマデータを直線補間、あるいはスライス補間によりガンマデータを作成する。

【0025】本発明においては画像輝度信号平均値が低い場合から高い場合まで画像信号に応じた映像を提供する為に、連続的に変化するn個のガンマデータを持つ。

【0026】n個のガンマデータは以下のアルゴリズムによって作成されている。

【0027】最も暗い画像信号におけるガンマデータを暗ガンマ、最も明るい画像信号におけるガンマデータを明ガンマと以下呼称する。

【0028】暗ガンマからk個目までは前記n乗補正の係数nを連続的に変化させる。

【0029】このk個目を変節点と呼ぶこととし、変節点には評価対象である画面(I丁パターン、グレースケールなど)を選び標準的なガンマデータを設定する。

【0030】これにより暗い画面においても豊かな階調再現が可能となる。

【0031】変節点から明ガンマまでは黒カット補正及びn乗補正を行い、黒カット係数Bとn乗補正係数nを連続的に変化させる。

【0032】明ガンマのn乗係数は、変節点ガンマによる輝度変化カーブと明ガンマによる輝度変化カーブ輝度信号レベルが黒側以外でほぼ一致するように設定する。

【0033】これによりガンマが黒側の信号でのみ切り替わる事となり、ガンマ切り替え時のちらつきを抑える事ができる。

【0034】次に、本発明によるガンマ補正回路の実施形態の一例を図1乃至図6に基づいて以下に説明する。

【0035】図1は、本発明によるガンマ補正回路の実施形態における構成の一例であり、入力輝度信号検出手段10、ガンマデータ切り替え手段11、から構成されている。

【0036】図2は、本発明のガンマデータROM11 10 3のデータ格納状態を示す図である。

【0037】図1の入力輝度信号検出手段10は、時定数回路を含む積分回路101およびガンマ選択用ADコンバータ102から構成されている。

【0038】通常の積分回路では入力された輝度信号が、その輝度信号に対応した分の明るさが一定の値に積分される。つまり映像が暗いと積分値は低い値を示し、映像が明るいと高い値を示す。当然、明るさの変化が急激に変わるもの輝度信号の場合はその変化に伴い、積分値も急激に変化することになる。

【0039】ガンマデータを切り換えるということは、同じ入力レベルの信号でも、ガンマデータによってその出力値が変わるということであり、これは画面の明るさが変化するということを意味する。

【0040】たとえば画面の中央に入力信号50%に相当するウインドウがあり、ウインドウの周辺が黒から白に急激に変化するような場合を考えると、入力50%に相当する部分の明るさは、その周辺の明るさによって積分値が変わり、よって選択されるガンマテーブルも変わることにより、明るさが変動する。この時、ウインドウ周辺部分の明るさの変動がウインドウ部分の明るさの変動として連動して動き、結果的に一定であるはずの部分の明るさがちらついて見えるという現象となる。本実施例の時定数回路が含まれた積分回路101の場合は、この積分回路に約0.3秒から0.5秒程度の時定数を持たせた。つまり、ウインドウ周辺の明るさが急激に変動しても、積分値としては緩やかな変化が得られると言うことである。

【0041】通常のディスプレイの場合、画面を構成する1垂直期間は1/60秒である。

【0042】つまり、1/60秒毎に画面が書きかえられ、人間はそれを連続してみるとにより動画などの画面を認識するのであるが、0.3秒から0.5秒程度という時間は画面で言うと約20枚から30枚分程度の時間に相当する。この時定数を持たせることにより、ウインドウ周辺の明るさが急激に変動しても、緩やかなガンマデータの切換えとなり、ウインドウ部分の明るさも緩やかな変動になるので、ウインドウ部分がちらついて見えるという現象を押さえることが可能となった。

【0043】入力輝度信号検出手段10としては、この 50

ようにして得られた輝度信号の積分値を、ガンマデータ選択信号にする為のA/Dコンバータ102から構成されている。

【0044】図1のガンマデータ切り替え手段11は、検出された輝度信号のデジタルデータにコンバートされたデータ入力と、カウンタ回路111、書き込みアドレス発生回路112と、後に述べるガンマデータ作成手順に基づいて作成されたガンマデータが記憶されているガンマROM113、及びガンマテーブルとなる各色用のSRAM114、115、116と、スイッチ117、118、119から構成されている。

【0045】本発明の実施形態では、図2に示すように輝度信号に対応して切り換えるガンマデータを64種類、輝度信号は1024階調のデジタルデータとしている為、64種類のガンマデータを切り換える為、積分回路を通った信号を6ビットのADコンバータ102を通して上位ビットとし、1024階調それぞれのガンマテーブルを選択する為のアドレスをカウンタ回路111によって作成し、それを下位ビットとして書き込みアドレス発生回路112に入力している。

【0046】今、垂直のプランギング期間になると、書き込みアドレス発生回路112により発生したSW切り替え信号によりスイッチ117、118、119がガンマROM113側に切り換えられる。

【0047】その後、その時の輝度信号検出手段10からの輝度信号に対応した6ビットの上位アドレスと、カウンタ回路111によって発生した画面の黒から白に対応する1024の下位アドレスにより、ガンマROM113内のガンマデータが選択され、3原色に分解されたRGBそれぞれのデータがSRAM114、115、116に書き込まれる。

【0048】垂直プランギング期間が終了すると、SW117、SW118、SW119は映像信号データ側に切り換えられ、表示すべき映像データがSRAM114、115、116のアドレスとして入力され、SRAM114、115、116からは、そのアドレスにしたがったガンマテーブルのデータを出力することになる。

【0049】図3は請求項3のガンマ作成法を液晶ディスプレイに適用した連続ガンマデータを示したものであり、実線aは最も暗い画面におけるガンマデータ（暗ガンマ）、点線bは変節点におけるガンマデータ、一点鎖線cは最も明るい画面におけるガンマデータ（明ガンマ）を示す。

【0050】ガンマは暗ガンマから明ガンマまで64段階のガンマデータを持っており、変節点としてはグレースケール信号が当てはまる暗ガンマから数えて13番目としている。図4は一般的な液晶ディスプレイの白黒電圧とのV-T特性を正規化したデータであり、この逆関数が基本ガンマデータ図5である。

【0051】図5の基本ガンマデータを元に、n乗係数

及び黒カット係数を変えて64階調の連続ガンマデータ  
を以下のように作成する。

\*【表1】

		n乗	黒カット
暗ガンマ	No. 1	$n = 1.0$	0%
変節点	No. 13	$n = 1.35$	0%
明ガンマ	No. 64	$n = 1.0$	20%

暗ガンマから変節点ガンマまでは $n$ 乗の係数を $n = 1$ から $1.35$ まで連続的に変化させ、変節点ガンマから明ガンマまでは $n$ 乗の係数を $n = 1.35$ から $1$ まで変化させ、同時に黒カット係数Bは $0\%$ から $20\%$ まで連続的に変化させた。

【0053】以上の手順によって作成されたガンマデータが図3であり、この連続ガンマデータを用いたときのディスプレイ上の出力輝度変化が図6である。

【0054】図6において実線aは暗ガンマによる輝度出力カーブを、点線bは変節点ガンマを用いたときの輝度出力カーブを、一点鎖線cは明ガンマを用いたときの輝度出力カーブを示す。

【0055】暗い場面においては実線aの輝度変化となるため黒側の階調再現がよく、明るい場面では一点鎖線cの輝度変化となっている為白側の階調表現がよく黒側がカットされている為、コントラスト感のある映像となる。

【0056】明ガンマにおける $n$ 乗係数は一点鎖線cの白側の輝度出力変化が点線bとほぼ一致するように選ばれており、これによってガンマ切り換わりの際の画面ちらつきを最小限に抑えられた。

【0057】尚、以上説明したガンマデータの作成は、当然に、ソフトウエア的に実現することも可能である。

【0058】

【発明の効果】上記にて説明された本発明により以下の効果がもたらされる。

【0059】請求項1に記載の発明に係るガンマ補正回路装置は、上述したような構成としているので、映像に対応するガンマデータの出力は、S.R.A.Mの読出し速度に依存することになる。一般にS.R.A.Mの読出し速度は、R.O.Mに比べ5倍ほどのスピードがあり、このことは、高速の読出し速度が必要となる高精細ディスプレイにも対応することが可能となる。

【0060】請求項2に記載の発明に係るガンマ補正回路は、上述したような構成としているので、ガンマデータ切換えの際発生しやすい画面の明るさちらつきを軽減※50

※することが可能となる。

【0061】請求項3、4に記載の発明に係るガンマ補正回路は、上述したような構成としているので、請求項2の回路構成とあわせ画面のちらつきを最小限におさえつつ全体的に暗い画面での黒の階調の再現性を高め、全体的に明るい画面では黒の面積を広め結果的に画面のコントラスト感を高め、白トビを無くした見やすい画面となつた。

【0062】また、このアルゴリズムによるガンマデータの作成は、ガンマデータの傾きを決める $n$ 乗の係数と、変節点、黒カットの割合の3つのパラメーターを変える事により容易にガンマデータを作成する事が出来るので、入力される映像信号の種類、たとえば現行テレビ放送、ハイビジョン放送、パソコン信号のようにあらゆる信号メディアに最適なガンマ補正をすることが容易に可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるガンマ補正回路の一実施形態を示す機能ブロック図である。

【図2】本発明によるガンマデータの配列を示す図である。

【図3】本発明による連続ガンマデータのグラフである。

【図4】一般的な液晶のV.T特性の正規化グラフである。

【図5】一般的な液晶のV.T特性を補正するガンマカーブである。

【図6】本発明による連続ガンマ補正をかけた入力対出力輝度特性である。

#### 【符号の説明】

10 輝度信号換出手段

101 積分回路

102 A.Dコンバータ

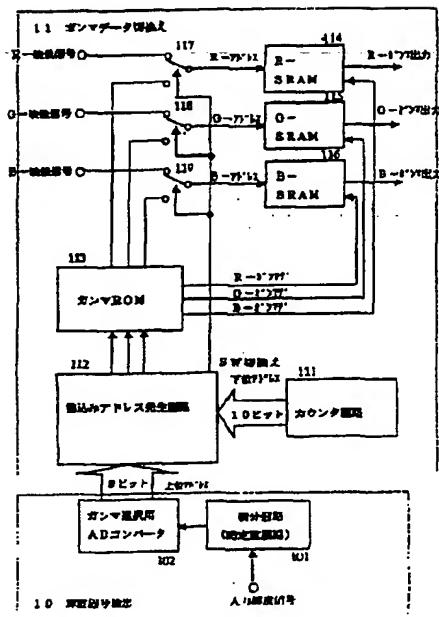
11 ガンマデータ切換え手段

111 カウンタ回路

112 書込みアドレス発生回路

- 113 ガンマROM  
 114 R-ガンマテーブル用SRAM  
 115 G-ガンマテーブル用SRAM  
 116 B-ガンマテーブル用SRAM

【図1】

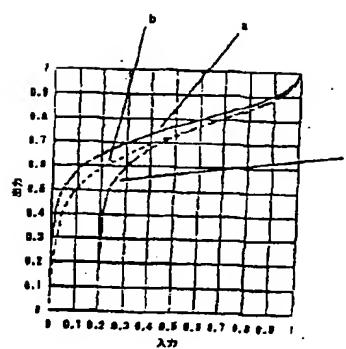


【図2】

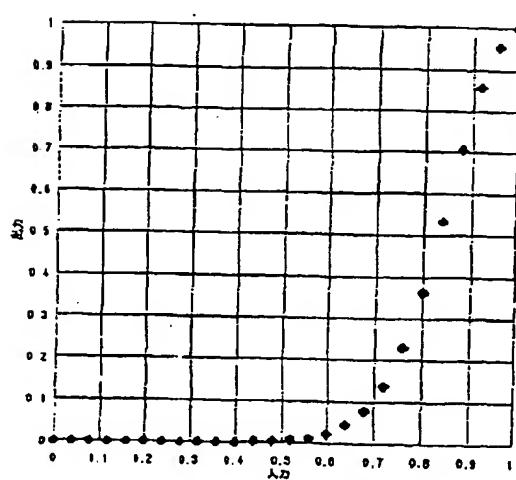
上位アドレス	下位アドレス	ガンマデータ
1	0	*
1	1	*
1	...	...
1	1024	*****
2	0	*
2	1	*
2	...	...
2	1024	*****
3	0	*
3	1	*
3	...	...
3	1024	*****
4	0	*
4	1	*
4	...	...
4	1024	*****
5	0	*
5	1	*
5	...	...
5	1024	*****
6	0	*
6	1	*
6	...	...
6	1024	*****
7	0	*
7	1	*
7	...	...
7	1024	*****

＊は任意のデータ

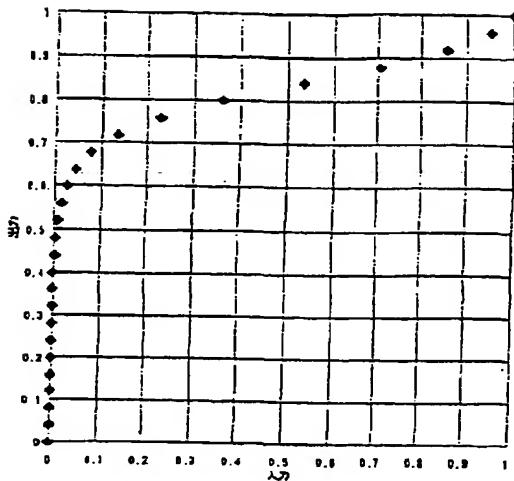
【図3】



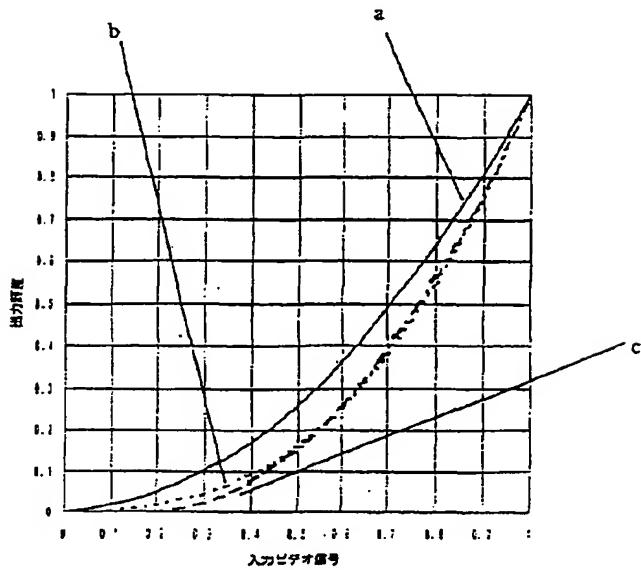
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 猪子 和宏

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ヤーブ株式会社内

Fターム(参考) 5C006 AA01 AF13 AF46 AF61 AF81  
 BF08 BF22 BF28 BF38 FA23  
 5C021 PA78 PA82 PA85 XA34  
 5C058 AA06 BA13 BB04 BB14  
 5C080 AA10 BB05 DD04 DD06 EE28  
 JJ02 JJ05

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**